第 42 卷 增刊
1999 年 8 月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol.42，Suppl.
Aug.，1999

世界麦双尾蚜研究进展：分布、危害和生物学特性*

张润志　梁宏斌　张广学
（中国科学院动物研究所，北京　100080）

麦双尾蚜 *Diuraphis noxia*（Mordvilko）最早报道在乌克兰及其附近地区为害小麦[1]，以后其分布范围不断扩大，并在许多国家造成麦类作物产量的严重损失，现已成为世界性麦类作物大害虫[2]。由于该蚜虫最早在俄罗斯严重危害小麦，因此俗称为俄罗斯麦蚜（Russian wheat aphid）。世界上包括欧洲、非洲、北美洲、南美洲和亚洲的许多国家对麦双尾蚜均进行了深入细致的研究。本文对其扩散历史、分布现状、发育和温度关系、危害情况等进行综述。

1　麦双尾蚜的扩散历史及分布范围

1.1　麦双尾蚜的早期扩散

在 1935 年以前，麦双尾蚜仅分布在乌克兰、中亚、西亚地区[2]。它在原苏联国家的扩散记载比较详细，Kovalev 对此进行了总结[3]。麦双尾蚜在伊朗和土耳其的山间杂草上比较常见，但对作物并不造成危害。麦双尾蚜于 1901 年在乌克兰的克里米亚半岛被发现为害小麦，这是其首次出现在伊朗和土耳其以外地区，可能是乌克兰作物种植面积增加的缘故。十年之后，在哈尔科夫和波尔塔瓦地区发现麦双尾蚜危害，但在 1926 年之前，麦双尾蚜的分布仅限于原苏联南部地区。三年之后（1929 年），麦双尾蚜在高加索北部和哈萨克斯坦北部严重发生，Mordvilko 在 1932 年发表文章指出此时西欧未见有麦双尾蚜分布。在 30 年代后期，麦双尾蚜在原苏联的分布基本上趋于稳定，分布区包括原苏联欧洲部分的南部草原区、高加索北部、外高加索、哈萨克斯坦的北部和中亚地区。以后，虽西伯利亚西南部于 1977 年报道发现有麦双尾蚜危害，但基本上未超出以上的分布范围。现在，麦双尾蚜分布的北界为北纬 53～54 度[3]。

1.2　麦双尾蚜在欧洲的扩散

从麦双尾蚜在原苏联的扩散情况来看，该虫主要由乌克兰逐步向东扩散。如果按报道年代进行粗略估计，克里米亚半岛首先报道有麦双尾蚜危害是 1886 年，哈尔科夫和波尔塔瓦距离该半岛为 400 km 左右，麦双尾蚜扩散用了 25 年左右的时间；从克里米亚半岛到哈萨克斯

* 国家自然科学基金（批准号：39670109）、中国科学院重点项目（KS85-110-01，KZ952-S1-108）和中国科学院动物研究所所长基金资助项目
1999-01-29 收稿，1999-05-24 收修改稿

坦北部距离约 1 500～2 000 km，麦双尾蚜扩散用了 50 多年的时间，平均每年向西扩散 40 km 左右。原苏联从黑海北岸到哈萨克斯坦北部为连续的农业区，所以麦双尾蚜有可能是沿着农业区渐次向东扩散。麦双尾蚜扩散引起暴发为害的原因可能是原苏联大面积的草原转变成农业区，该蚜由原来取食杂草转向取食麦类作物[3~4]。四十年代开始，麦双尾蚜在欧洲西班牙和葡萄牙等地被发现[5~6]，八十年代，有麦双尾蚜分布报道的国家更多，如保加利亚（1981）、捷克（1989）、南斯拉夫（1989）、波兰（1989）、法国（1989）和土耳其（1989）等[7~12]。

1.3　麦双尾蚜在非洲的扩散

三十年代开始，麦双尾蚜逐渐向非洲北部扩散蔓延，最早在阿尔及利亚（1938）和摩洛哥（1938）发现[13]。五六十年代扩散到埃及（1957）[14~15]、利比亚（1962）[16]。七十年代以后，麦双尾蚜扩散到埃塞俄比亚（1970’s）[17]、布隆迪（1989）[9]。1978 年扩散到纳米比亚和南非[18]，在南非，首先在奥兰治自由邦省发现，1979 年扩散到北部的德兰士瓦省和东部的纳塔尔省，1981 年麦双尾蚜便扩散到全国，平均每年扩散的直线距离超过 100 km。

1.4　麦双尾蚜在北美洲和南美洲的扩散

麦双尾蚜于 1980 年首先在墨西哥出现，为害地区为墨西哥州及中间高原，1983 年扩散到北部科阿韦拉州的萨尔蒂约地区[19]。在 1980～1983 年，麦双尾蚜在墨西哥向北扩散距离大约为 600 km，平均每年扩散的直线距离超过 150 km。

1986 年 3 月，美国的得克萨斯州发现麦双尾蚜，很有可能是从临近墨西哥的科阿韦拉州传入的，并有可能在 1985 年已经传到美国[20]。1986 年秋，麦双尾蚜向北扩散到怀俄明州南部，当年的扩散距离将近 1 000 km；1987 年秋，又扩散到北部的华盛顿州和蒙大拿州，扩散距离增加了 500～1 000 km；1988 年向北延至加拿大西南部的三个省，从而蔓延到整个北美洲[21]。

在南美洲，麦双尾蚜于 1987 年首先传入智利[22]。曾经有人认为麦双尾蚜不可能越过安第斯山传入阿根廷，但 1991 年还是在临近智利的门多萨省发现了麦双尾蚜，已经越过了安第斯山[23]。1993 年调查发现，麦双尾蚜已经扩散到阿根廷的布宜偌斯艾利斯省[23]，距离门多萨省约 450～500 km，麦双尾蚜在阿根廷平均每年向东扩散 200 km 以上。

1.5　麦双尾蚜在亚洲的扩散

根据 Kovalev 的综述，麦双尾蚜最早分布在亚洲的伊朗和土耳其，随后扩散到哈萨克斯坦[3]。较早记录麦双尾蚜的发生还有以色列（1953）和阿富汗（1962）[24]，以后许多国家和地区又报道有麦双尾蚜或造成了严重危害，如中国新疆（1976）[25]、哈萨克斯坦（1976）[26]、也门（1981）[27]、伊拉克（1983）[28]、尼伯尔（1986）、伊朗（1988）、约旦（1989）和巴基斯坦（1989）[29]、吉尔吉斯斯坦（1993）[30]、叙利亚（1994）[23]等国家。

综上所述，麦双尾蚜的发生和扩散历史，基本上可以分为以下三个主要阶段：1）二十世纪初的发现阶段。在这一时期，只有欧洲的乌克兰、俄罗斯、格鲁吉亚和中亚的哈萨克斯坦发现并有危害记录。2）七十年代以前的稳定扩散阶段。在这一阶段，麦双尾蚜逐渐在欧洲的

西班牙、葡萄牙、比利时，非洲的阿尔及利亚、摩洛哥、埃及、利比亚、南非和亚洲的中国等相继被发现，但此时，麦双尾蚜并未对麦类作物造成特别严重的危害。3）八十年代以后的迅速扩散和严重危害阶段。此时，麦双尾蚜迅速扩散到欧洲、亚洲、北美洲和南美洲的主要麦类生产国家和地区，特别是突然而快速地侵入北美洲和南美洲，严重为害麦类，对世界麦类生产构成严重威胁（表1）。

表1 麦双尾蚜的世界分布

Table 1 Worldwide distribution of Russian wheat aphid

洲别 Continent	国家及报道时间 Country and recording year
亚洲 Asia	哈萨克斯坦 Kazakhstan（1919）、中国 China（1976）、也门 Yemen（1981）、伊拉克 Iraq（1983）、尼泊尔 Nepal（1986）、伊朗 Iran（1988）、巴基斯坦 Pakistan（1989）、约旦 Jordan（1989）、吉尔吉斯斯坦 Kirghizstan（1993）、叙利亚 Syria（1994）
欧洲 Europe	乌克兰 Ukraine（1900）、俄罗斯 Russia（1915）、格鲁吉亚 Georgia（1916）、西班牙 Spain（1947）、葡萄牙 Portugal（1947）、比利时 Belgium（1963）、保加利亚 Bulgaria（1981）、捷克 Czech（1989）、南斯拉夫 Yugoslavia（1989）、波兰 Poland（1989）、法国 France（1989）、土耳其 Turkey（1989）
非洲 Africa	阿尔及利亚 Algeria（1938）、摩洛哥 Morocco（1938）、埃及 Egypt（1957）、利比亚 Libya（1962）、南非 South Africa（1978）、纳米比亚 Namibia（1978）、埃塞俄比亚 Ethiopia（1984）、布隆迪 Burundi（1989）、突尼斯 Tunisia（1990）
北美洲 North America	墨西哥 Mexico（1980）、美国 United States（1986）、加拿大 Canada（1988）
南美洲 South America	阿根廷 Argentina（1989）、智利 Chile（1988）

1.6 麦双尾蚜的扩散途径

从麦双尾蚜在世界上扩散情况分析，麦双尾蚜有可能通过自主飞行及借助风力进行扩散。如在美国中西部，夏季从南到北盛行偏南风，并有低空急流，麦双尾蚜可以借助风力从南向北扩散。但麦双尾蚜也可能通过人为携带途径进行扩散，如南非至南、北美洲，地理上最近距离在3 000 km以上，靠飞行和风的传播是很难想象的。用RAPD-PCR方法进行麦双尾蚜遗传性状分析时发现，法国、南非、墨西哥和美国的麦双尾蚜和土耳其麦双尾蚜遗传物质的相似性最大，被归于一个生物类型，所以推断可能都来源于土耳其，传播途径可能通过商业运输或人为携带[30]。从欧洲回到墨西哥的旅游者衣服上有活蚜虫（种类不明），所以认为麦双尾蚜有可能通过此种方式传入美洲[20]。从麦双尾蚜生活史分析，麦双尾蚜有以卵越冬的全周期生活型，卵产在小麦或杂草的叶片上，所以卵是否可以通过杂草（包括草皮和牧草）或混合在牧草的种子中进行扩散存在疑问。另外，麦双尾蚜取食禾本科杂草，还可能通过杂草特别是草皮运输进行扩散。但是至今为止，对麦双尾蚜如何进行跨大洋扩散还没有直接的证据。

麦双尾蚜的世界分布地点见表1。从麦双尾蚜的分布及扩散历史分析，该蚜的起源地可

能在亚洲，最有可能是西亚。但是在中亚地区，如中国新疆和吉尔吉斯斯坦，麦双尾蚜的扩散来源并不清楚。根据 Puterca 的实验，吉尔吉斯斯坦的麦双尾蚜遗传物质和乌克兰及土耳其等地差别较大[30]，至少说明该蚜在此地区已经存在很长时间，已经发生了变异，甚至也可以推断麦双尾蚜是中亚起源并逐步向西扩散。因此麦双尾蚜的起源和扩散还需要更多的研究。

Hughes 根据 CLIMEX 气候模型分析，认为澳大利亚部分地区和中国北部等地是麦双尾蚜的适宜分布区[31]，将来麦双尾蚜有可能向这些地区扩散。

2　麦双尾蚜的生活周期型

蚜虫有两种生活周期型，有些种类是全周期生活型，产卵越冬，有些种类为不全周期型，以孤雌蚜越冬，另外一些种类可以兼有全周期和不全周期两种生活型。麦双尾蚜在世界不同地点有不同的生活型，在北美洲、南美洲、非洲、地中海沿岸为不全周期型[2, 32]。但 Kiriac 报道在美国发现少量的雌性麦双尾蚜，未发现雄性蚜[33]，属产雌不全周期型。在乌克兰、俄罗斯南部、匈牙利、中亚国家、中国新疆为全周期生活型[1, 33~35]。

全周期型麦双尾蚜的生活史：在乌克兰，4 月份田间越冬卵孵化出干母[1]，这和新疆塔城的麦双尾蚜卵孵化时间相当[35]。在 6 月份，田间产生有翅蚜，开始迁飞，转移到春麦田为害。夏天或秋天，作物收获后，在杂草上越夏。有性世代出现在 9 月份，10 月份开始在大麦或小麦的的叶片上产卵，直到霜冻来临。在塔城观察表明，麦双尾蚜在降雪时仍在产卵，直到 11 月份还可以发现雌性麦双尾蚜[35]。

不全周期型麦双尾蚜以孤雌蚜越冬，只要温度适宜（超过发育起点温度），几乎常年可以繁殖为害[11]。在埃塞俄比亚，常年种植大麦，各茬大麦都不同程度地遭受麦双尾蚜为害[36]。在美国，麦双尾蚜在冬季气温很低的情况下，仍然是不全周期型。麦双尾蚜在 3 月份就可以繁殖为害，并且产生有翅蚜迁飞扩散。在夏季小麦收获后，麦双尾蚜需要杂草寄主度过作物缺乏时期。秋季从杂草寄主迁回冬麦田危害[21]。在美国西南部有些地方，麦双尾蚜不能越冬或越夏，但是麦双尾蚜在适宜季节由临近地区迁入为害[21]。

3　麦双尾蚜生长发育和繁殖与温度的关系

3.1　低温对麦双尾蚜存活的影响

Butts 在加拿大测定了麦双尾蚜的过冷却点[37]，试验时每分钟降温 2℃，1 龄若蚜到无翅成蚜的过冷却点范围为 −26.8℃ ～ −24.9℃。1 龄若蚜过冷却点比其它龄期的过冷却点低。并且还试验了低温状态下麦双尾蚜的存活时间，在 −5℃，麦双尾蚜可存活 20 天以上，在 −10℃，麦双尾蚜也可存活 20 天。在 −10℃低温下持续 24 h 后转移到 10℃下可存活 26 天；在 −10℃持续 2～4 天转移到 10℃下可存活 11 天左右；在 −10℃持续 5 天以上转移到 10℃条件下存活不到 7 天，并且失去繁殖力。Harvey 用 −10℃低温分别处理 0.5～64 h，麦双尾蚜存活率为 86%～24%，用 −20℃处理 0.25～16 h，麦双尾蚜存活率为 77%～6%[38]。在加拿大调查表明，冬季麦双尾蚜存活率和土壤表层温度低于 0℃的累积时间（小时数）呈线性关系，当土壤表层温度迅速降低（−29.6℃）或者积雪超过 40 天可导致麦双尾蚜 100% 死亡[39]。

3.2 发育温度阈值

各地对麦双尾蚜发育起点温度和有效积温的研究结果存在很大差异。南非麦双尾蚜发育起点温度0.54℃，积温158.7DD[40]。美国麦双尾蚜有如下研究结果：Webster测定发育起点温度为5.0℃，19～21℃为饲养麦双尾蚜的适宜温度[41]，Keickhefer测定发育起点温度为4.1℃，积温139DD，最低适宜温度为15℃[42]，Girma测定发育起点温度为-1.57℃，积温225.57DD，18～21℃为饲养麦双尾蚜适宜温度[43]。在中国塔城测定发育起点温度为3.27℃，积温152.55DD，7.5～28℃为麦双尾蚜发育适宜温度，14～25℃为麦双尾蚜种群增长最适宜温度（包括发育和繁殖），在30℃恒温下，麦双尾蚜发育历期延长，恒温33℃下，麦双尾蚜不能发育至成蚜，该温度为麦双尾蚜高温致死点[44]。

各地麦双尾蚜发育起点温度和有效积温的差异，除了测定条件不完全相同造成的差异外，可能与麦双尾蚜的生活周期型或长期取食的寄主植物品种不同有关。一般认为25℃是最高发育适温、30℃是最高发育阈值，1～5℃为发育起点温度[1, 45]。

3.3 温度对麦双尾蚜寿命和繁殖的影响

Aalbersberg试验了3个温度范围的麦双尾蚜繁殖时间和繁殖蚜量，在平均温度为13℃（8～18℃）时，每头麦双尾蚜平均繁殖时间为56.44天，繁殖量72头；在平均温度为14℃（11～17℃）时，繁殖时间为38.55天，繁殖数量77.06头；在平均温度17.25℃（17～25℃）时，繁殖时间39.35天，繁殖蚜量81.46头[40]。Nowierski报道在10、19.5、25、30℃恒温下，麦双尾蚜平均寿命分别为（75.57±1.81）天、（53.21±2.08）天、（35.27±1.53）天、（27.33±0.93）天，个体平均产蚜量分别为（16.90±5.78）头、（48.05±11.33）头、（44.33±3.22）头、（9.32±3.07）头[45]。Girma实验中18～21℃（平均19.5℃）麦双尾蚜产蚜量比其它温度下产蚜量多，但还受作物生长阶段影响，在分蘖、拔节、抽穗、灌浆、乳熟期每雌产蚜量分别为59.00头、68.89头、58.93头、43.93头、26.36头[43]。Michels在5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃恒温条件下，麦双尾蚜平均寿命分别为73.2天、59.9天、47.7天、33.7天、22.6天、13.6天，个体平均产仔量分别为7.08头、22.2头、34.8头、34.0头、16.9头、4.80头[46]。Webster比较了南非和美国的麦双尾蚜繁殖力，南非种群在15℃和25℃以及美国种群在15℃的每头总产蚜量没有明显差别，但美国种群在25℃的个体产仔总量（54.0±2.1）明显低于其它试验温度（74.5±2.5）～（80.5±2.3）[47]。Basky比较南非和匈牙利种群20℃条件下的寿命和繁殖力，在不同作物品种上平均寿命南非种群为41.7～45.2天、匈牙利种群为35.2～37.1天，平均产蚜量分别为67.1～75.1头、53.0～62.2头[32]。

从麦双尾蚜对温度的反应可以看出，该蚜虫比较适合低温，发育起点温度较低，对高温适应能力较差。麦双尾蚜一般分布在冷凉地区[4]，这可能和其适宜生存温度范围密切相关。

4 麦双尾蚜的危害

受麦双尾蚜危害植株具有典型的识别特征：叶片紧密纵卷形成筒状，叶片表面失绿形成白色纵条，在气温较低时受害叶片有紫色条斑，抽穗前为害经常造成旗叶纵卷，不能抽穗，

或不能正常抽穗。通过这些特征可以在田间快速调查麦双尾蚜的为害株率。南非研究表明，叶片受害失绿的原因是由于麦双尾蚜唾液中的毒素对叶绿素细胞具有破坏作用[48]。最近研究表明叶片叶绿素破坏影响光合作用的能力和效率[49]。Burd 等人研究表明麦双尾蚜取食后破坏植物水分平衡并使作物生长受阻，但去除蚜虫后植物能够较快恢复生长，因此为害时间的长短可能比蚜虫数量的高低对植物的危害更重要[50]。

麦双尾蚜在原苏联对大麦和小麦造成严重危害。在乌克兰的稀树草原区，Mokrzhetski 于 1900 年春天观察到麦双尾蚜迁飞情景，大量麦双尾蚜起飞象云雾一样，遮天避日，但当时的粮食产量损失未统计[1]。在 50 年代中期和 60 年代中、后期，麦双尾蚜在原苏联的东南欧洲部分都暴发成灾。特别是 1949～1952 年试验分枝小麦（Branched wheat）时期，麦双尾蚜是危害最严重的害虫之一。在 80 年代，麦双尾蚜仅在伏尔加河西岸严重为害[3]。

经常遭受麦双尾蚜严重危害的国家有埃塞俄比亚、南非、美国和加拿大。在埃塞俄比亚，大麦主要种植在 1 500～3 200 m 海拔高度范围内，一年内有 3 个种植大麦季节，6～12 月、2～5 月、9～次年 1 月，麦双尾蚜主要为害在 6～12 月种植的作物[36]。在南非，有三个小麦种植区：冬天降雨区，灌溉农业区和夏季降雨区。在夏季降雨区（奥兰治自由邦省），麦双尾蚜可以造成 80％的粮食损失，在另两个种植区，麦双尾蚜危害轻微[51]，每年因为麦双尾蚜危害的损失在 1.6～1.8 千万美元。美国对 1987～1992 年麦双尾蚜危害损失进行了详细的统计，在西部 16 个州累计直接和间接损失达到 8.6 亿美元[52]。麦双尾蚜在加拿大不同年份危害差别很大，如果冬天气温偏高，麦双尾蚜越冬存活率高，小麦受害严重，如果冬季气温低，降雪量大且积雪时间长，麦双尾蚜不能越冬，则小麦受害轻微，或仅仅冬麦在秋季受害[53]。加拿大的试验表明麦双尾蚜为害后可使冬麦的耐寒力下降[54]。

麦双尾蚜在亚洲和欧洲危害相对轻微，只是偶尔造成严重危害。有严重受害报道的除乌克兰外，还有西班牙和葡萄牙[55]。匈牙利在 1989 年发现麦双尾蚜，仅在 1993 年造成一定危害，其它时间零星发生[32]。南非麦双尾蚜繁殖力比匈牙利高，所以前者更容易成灾[32]。在中国，麦双尾蚜仅仅在塔城和伊犁两地区的部分年份危害较重，其它地区虽有麦双尾蚜分布，但数量较少，危害较轻[56]。在南美洲，麦双尾蚜危害也不严重，其中麦双尾蚜在智利危害轻微归功于天敌对它的控制能力较强[57]。

许多蚜虫不仅取食寄主植物造成直接危害，还可以传播植物病毒。关于麦双尾蚜是否传播病毒病还有争议。麦双尾蚜在南非能传播雀麦花叶病毒（BMV）[58]、大麦黄矮病毒（BYDV）、大麦条纹花叶病毒（BSMV）等多种麦类病毒病[59]；Halbert 也报道能传播 BYDV 病毒[60]；在西班牙可传播马铃薯 Y 型病毒（PVY）[61]。但有些研究者报道麦双尾蚜基本不传播 BYDV 和 BSMV 病毒[62-67]。

5　麦双尾蚜属的其它种类研究

目前，麦双尾蚜是双尾蚜属 *Diuraphis* Aizenberg 中分布范围最广、危害程度最重的种类。随着对麦双尾蚜研究的深入，人们也开始注意该属内其它种类。美国爱达荷州发现 *Diuraphis*（*Holcaphis*）*frequens*，在小麦上的繁殖力远低于麦双尾蚜，所以不大可能造成危害[68]。Kindler 比较了美国麦蚜 *Diuraphis*（*Holcaphis*）*tritici* 和麦双尾蚜取食小麦等寄主的繁殖力，麦双尾蚜的繁殖力明显比美国麦蚜繁殖力大，从而解释两种蚜虫不同的危害能

力[69]。张广学等研究了双尾蚜属的麦双尾蚜、冰草麦蚜 *D*.(*H*.)*agropyronophaga* 对小麦的潜在危害，指出双尾蚜属昆虫在适宜的环境条件下，有可能从取食杂草转变为取食小麦，进而发展成新的小麦害虫[4]。

6 未来研究方向

麦双尾蚜至今仍是大麦和小麦的重要害虫，因此需要进一步加强对该害虫的研究。麦双尾蚜分布区一般是干燥少雨区（如中亚、北非、美国西部等），生长发育可能和湿度有很重要的关系，这是今后研究的方向之一。其次，麦双尾蚜在世界上扩散方式和途径并不清楚，以后会不会向其它麦区扩散很难预料，因此研究其迁移和扩散方式，并制定适宜的预防措施是另一重要研究课题。另外，双尾蚜属的其它蚜虫如美国麦蚜 *D*. *tritici*、西方麦蚜 *D*. *frequens* 和冰草麦蚜 *D*. *agropyronophaga* 的成灾趋势还不甚清楚[4, 70]，应该密切注视这些蚜虫对小麦的潜在威胁。

参 考 文 献 (References)

1 Grossheim N A. The barley aphid *Brachycolus noxius* Mordvilko. Memoirs of Natural History Museum of the Zemstvo of the Government of Taurida III，1914，35～78

2 Hughes R D. A synopsis of information on the Russian wheat aphid，*Diuraphis noxia* Mordvilko. Commonw. Sci. Ind. Organ. Div. Entomol.（Canberra，Australian）Tech. Pap.，1988，28：1～39

3 Kovalev O V，Poprawski T J，Stekolshchinov A V *et al*. *Diuraphis* Aizenberg（Hom.，Aphididae）：key to apterous viviparous females and a review of Russian language literature on the natural history of *Diuraphis noxia*（Kudjumov，1913）. J. Appl. Entomol.，1991，112：425～436

4 张广学，张万玉，钟铁森. 双尾蚜属 *Diuraphis* Aizenberg 分类学研究. 动物进化与系统学研究论文集，1991，1：121～133

5 Alfaro A. Notes on *Brachycolus noxius* Mordw.，a new plague for our wheat and barleys. Bol. Patol. Veg. Entomol. Agric.，1947，15：125～130

6 Ilharco F A. Some corrections and additions to the aphid list of continental Portugal（Homoptera-Aphidoidea）. Part 2. Agron. Lusit.，1968，29：221～245

7 Miczulski B. Community studies on Hymenoptera found on *Brassica napus* L. Part 6. Chalcidoidea. Pol. Pismo Entomol.，1968，38：341～385

8 Tashev D. Leaf aphids（Aphidoidea）from Bulgaria Taxonomy，biology and distribution. Ph. D. Thesis，1981，BAN University，Sofia，Bulgaria

9 Gonzalez D，Stary P，McKinnon L. Foreign exploration for Russian wheat aphid natural enemies — A summary of cooperative effects by State University Agriculture Experiment Station，USDA/APHIS，USDA/ARS，CIBA，SRC，ICARDA and ITGC. Proceedings of 3rd Russian Wheat Aphid Conference，Albuquerque，New Mexico. New Mexico State Univ. Coop. Ext. Serv. Las Cruces，New Mexico，25～27 October 1989，113～128

10 Carl K P，Izhevski S S. Explorations on *Diuraphis noxia* in Yugoslavia and the USSR in 1990. Commonw. Agric. Bur. Int. Inst. Biol. Control European Stn.（Delemont，Switzerland）Rep.，1990，1～11

11 Basky Z. Eastop V F. *Diuraphis noxia* in Hungary. Newl. Barley Yellow Dwarf，1991，4：34

12 Pike K S，Tanigoshi L，Miller R et al. Biological control agents of Russian wheat aphid in Syria and Turkey. Proceedings of the Sixth Russian wheat aphid Workshop，Colorado，1994，232～235

13 Mimeur J. North African Aphididae——A new species forming a new genus. Bull. Soc. Sci. Natl. Maroc., 1942，21：67～70

14 Habib A，El-Kady E A. The aphidae of Egypt (Hemiptera：Aphididae). Bull. Soc. Entomol. Egypte，1961，45：11～137

15 Attia A A，El-Kady E A. *Diuraphis noxia* Mordvilko (Homoptera：Aphididae)，a recent addition to the aphid fauna of Egypt. Bull. Soc. Ent. Egypte，1988，68：267～273

16 Linkfield R L，Dimiano A. Summary of insect conditions in Libya. U. S. Dep. Agric. Coop. Econ. Insect Rep.，1963，13 (5)：76～78

17 Torres E. Situation report：eastern，central and southern Africa. In 'Barley yellow dwarf'. Proceedings of a workshop，Mexico City，Mexico. CIMMYT，Mexico City，Mexico D. F，6～8 December 1983，197

18 Walters M C，Penn F，du Toit F *et al*. The Russian wheat aphid. Farming S. Afr. Leafl. Ser. Wheat-winter rainfall-wheat-irrigation，1980，G. 3. 1～6

19 Gilchrist-Saavedra L I，Rodriguez-Montessoro P A，Burnett P A. The extent of Free State streak disease and *Diuraphis noxia* in Mexico. Barley yellow dwarf. Proceedings of a workshop，Mexico City，Mexico. CIMMYT，Mexico City，Mexico D. F，6～8 December 1983，157～163.

20 Peairs F B. Geographic and seasonal distribution including trapping and observation. Proceedings of the first Russian wheat aphid conference，Guymon，Oklahoma，September 23，1987，7～14

21 Anonym. Economic impact of the Russian wheat aphid in the western United States：1989～1990. Proceedings of the fifth Russian wheat aphid conference，26～28 January 1992，Fort Worth，Texas. Great Plains Agric. Counc. Publ. 142，1992，1～14

22 Zerene Z M，Caglevic D M，Ramirez A I. A new cereal aphid detected in Chile. Agric. Tech.，(Sandiago) 1988，48：60～61

23 Pike K S，Tanigoshi L，Miller L *et al*. Summary of natural enemies of RWA collected during spring 1990 explorations in Morocco，Jordan，Syria and Turkey. Russian wheat aphid News，1990，4 (4)：1～5

24 Millet E R. Summary of insect conditions in Afghanistan. U. S. Dep. Agric. Coop. Econ. Insect Rep.，1962，12 (4)：43～47

25 张广学，杜秉仁. 警惕危险害虫麦双尾蚜在我国蔓延为害. 植保参考，1989，(2)：21～22

26 Kholodkovsky N A. Course of theoretical and applied entomology. Vol. 2，Part L-M，Moscow and Leningrad：Devriena

27 Erdelen C. Biology and control of the cereal aphid *Diuraphis noxia* (Mordv.) in the Yemen Arab Republic. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent，1981，33 (2)：613～621

28 Ali A A，Rajab A S，Al-Hussiani H. Relative susceptibility of different wheat varieties to aphid infestation. J. Agric. Water Resour. Res.，1985，4 (3)：25～39

29 Flanders R V. USDA/APHIS cooperative biological control implementation activities against RWA. Proceedings of the 3rd Russian wheat aphid conference，Albuquerque，New Mexico. New Mexico State Univ. Coop. Ext. Serv. Las Cruces，New Mexico，25～27 October 1989，88～95

30 Puterka G J，Black R L，Steiner W M *et al*. Genetic variation and phylogenetic relationships among worldwide collections of the Russian wheat aphid，*Diuraphis noxia* (Mordvilko)，inferred from allozyme and RAPD-PCR markers. Heredity，1993，70 (6)：604～618

31 Hughes R D，Maywald G F. Forecasting the favourableness of the Australian environment for the Russian wheat aphid，*Diuraphis noxia* (Homoptera：Aphididae)，and its potential impact on Australian wheat yields. Bull. Entomol. Res.，1990，80：67～80

32 Basky Z，Jordaan J. Comparison of the development and fecundity of Russian Wheat Aphid (Homoptera：Aphididae) in South Africa and Hungary. J. Econ. Entomol.，1997，90 (2)：623～627

33 Kiriac I，Gruber F，Poprawski T *et al*. Occurrence of sexual morphs of Russian wheat aphid，*Diuraphis noxia* (Homoptera：Aphididae)，in several locations in the Soviet Union and Northwestern United States. Proc. Entomol. Soc. Wash.，1990，92：544～547

34 Basky Z. Incidence and population fluctuation of *Diuraphis noxia* in Hungary. Crop Prot.，1993，12：605～609

35 魏争鸣，文永林，阎　萍等. 危险性麦作害虫麦双尾蚜防治研究. 塔城科技，1994，(1)：6～10

36 Mulatu B, Gelbremedhin T. Russian wheat aphid: major pest of barley in Ethiopia. Proceedings of the sixth Russian wheat aphid workshop, Fort Collins, Colorado, January 23～25, 1994, 169～181
37 Butts R A. Factors influencing the overwintering ability of the Russian wheat aphid in western Canada. Proceedings of the 3rd Russian wheat aphid conference. Albuquerque, New Mexico, 25～27 Octomber, 1989, 148～150
38 Harvey T L, Martin T J. Relative cold tolerance of Russian wheat aphid and biotype－E greenbug (Homoptera: Aphididae). J. Kans. Entomol. Soc., 1988, 62: 137～140
39 Armstrong J S, Peairs F B. Environmental parameters related to winter mortality of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae): basis for predicting mortality. J. Econ. Entomol.. 1996, 89 (5): 1 281～1 287
40 Aalbersberg Y K, Du Toit F. Development rate, fecundity and life span of apterae of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Homoptera: Aphididae), under controlled conditions. Bull. Entomol. Res., 1987, 77: 629～635
41 Webster J A, Stark K J. Fecundity comparison of *Schizaphis graminum* (Rondani) and *Diuraphis noxia* (Mordvilko) at three temperature regimes. J. Kans. Entomol. Soc., 1987, 60: 580～582
42 Kieckhefer R W, Elloitt N C. Effect of fluctuating temperatures on development of immature Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) and demographic studies. J. Econ. Entomol., 1989, 82: 119～122
43 Girma M, Wilde G E, Reese J C. Influence of temperature and plant growing stage on development, reproduction, life span, and intrinsic rate of increase of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). Environ. Entomol., 1990, 19: 1 438～1 442
44 Zhang J, Zhang G X. The temperature threshold of *Diuraphis noxia*. in Proc. 19th Int. Congr. Entomol., 28 June～4 July 1992, Beijing, China, 64
45 Nowierski R M, Zeng Zheng, Scharen A L. Age-specific life table modeling of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) on barley grown in Benzimidazole agar. Environ. Entomol., 1995, 24 (5): 1 284～1 290
46 Michels G J Jr, Behle R W. Reproduction and development of *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) at constant temperature. J. Econ. Entomol., 1988, 81 (4): 1 097～1 101
47 Webster J A. Du Toit F, Popham T W. Fecundity comparisons of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in Bethlehem, South Africa, and in Stillwater, Oklahoma. J. Econ. Entomol., 1993, 86 (2): 544～548
48 Fouche A R, Verhoeven R L, Hewitt P H *et al*. Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) feeding damage on wheat, related cereals and a *Bromus* grass species. In: Walters M C ed. Progress in Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* Mordw.) research in the Republic of South Africa. S. Afr. Dep. Agric. Tech. Commun. 191, 1984, 22～33
49 Burd J D, Elliott N C. Changes in chlorophyll a fluorescence indication kinetic in cereals infested with Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol., 1996, 89 (5): 1 332～1 337
50 Burd J D, Burton R L. Characterization of plant damage caused by Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol., 1992, 85: 2 017～2 022
51 Tolmay V, Prinsloo G. Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) in South Africa. Proceedings of the sixth Russian wheat aphid workshop. Proceedings of sixth Russian wheat aphid workshop. Fort Collins, Colorado, January 23～25, 1994, 181～184
52 Anonymous. Economic impact of Russian wheat aphid in Western United states 1991～1992. Proceedings of the sixth Russian wheat aphid workshop. Fort Collins, Colorado, January 23～25, 1994, 252～268
53 Butts R A. Status of Russian wheat aphid in Canada: 1993. Proceedings of the six Russian wheat aphid workshop, Fort Collins, Colorado, January 23～25, 1994, 8
54 Thomas J B, Butts R A. Effect of Russian wheat aphid on cold hardiness and winterkill of overwintering winter wheat. Can. J. Plant Sci., 1990, 70: 1 033～1 041
55 Morrison P. History and introduction of the Russian wheat aphid in the United States. Proceedings of the first Russian wheat aphid conference, Guymon, Oklahoma, September 23, 1987, 2～7
56 张润志，张广学. 中国麦双尾蚜发生现状及研究进展. 见：张芝利等主编. 中国有害生物综合治理论文集. 中国农业科技出版社. 1996, 435～439
57 Stary P, Pike K, Gerding M *et al*. Parasitoid biological agents of Russian wheat aphid: the Chilean model. Proceedings of the

six Russian wheat aphid workshop. Fort Collins，Colorado，January 23～25，1994，229～231

58 Cronje C P R. The occurrence and effect of BMV（Brome Mosaic Virus）on wheat in the summer rainfall area. Bethlehem（South Africa）Small Grain Cent. Prog. Rep.，1987

59 Von Wechmar M B. Russian wheat aphid spreads Gramineae viruses. In：Walters M C ed. Progress in Russian wheat aphid（*Diuraphis noxia* Mordw.）research in the Republic of South Africa. S. Afr. Dep. Agric. Tech. Commun. 191，1984，38～41

60 Halbert S E，Mowry T M，Pike K S. Are perennial conversation grasses reservoirs for Russian wheat aphid during fall planting season? Proceedings of the fourth Russian wheat aphid workshop. Bozeman，Montana. Montana State Univ. Bozeman，Montana，10～12 October 1990，89～102

61 Perez P，Collar J L，Avilla C *et al*. Estimation of vector propensity of potato virus Y in open field pepper crops of central Spain. J. Econ. Entomol.，1995，88：986～991

62 Kriel C F，Hewitt P H，De Jager J *et al*. Aspects of the ecology of the Russian wheat aphid，*Diuraphis noxia* in the Bloemfontein district. II. Population dynamics. In：Walters M C ed. Progress in Russian wheat aphid（*Diuraphis noxia* Mordw.）research in the Republic of South Africa. S. Afr. Dep. Agric. Tech. Commun. 191，1984，14～21

63 Hewitt P H，van Niekerk G J J，Walters M C *et al*. Aspects of ecology of the Russian wheat aphid，*Diuraphis noxia*，in the Bloemfontein district. I. The colonization and infestation of sown wheat，identification of summer hosts and cause of infestation symptoms. In：Walters M C ed. Progress in Russian wheat aphid（*Diuraphis noxia* Mordw.）research in the Republic of South Africa. S. Afr. Dep. Agric. Tech. Commun. 191，1984，3～13

64 Damsteegt V D，Gildow F E，Carroll T W *et al*. Transmission of selected cereal viruses by *Diuraphis noxia*. Proceedings of the second Russian wheat aphid workshop. Denver，Colorado，Colorado State Univ.，11～12 October 1988，56～65

65 Damsteegt V D，Gildow F E，Hewings A D *et al*. A clone of the Russian wheat aphid（*Diuraphis noxia*）as a victor of the Barley Yellow Dwarf，Barley Stripe Mosaic，and Brome Mosaic Viruses. Plant. Dis.，1992，76：1 155～1 160

66 Walker C. Disease transmission discussion. Proceedings of the second Russian wheat aphid workshop. Denver，Colorado. Colorado State Univ. Fort Colins，Colorado，11～12 October 1988，70

67 Mowry T M. Russian wheat aphid fecundity on resistant and non－resistant wheat infested with barley yellow dwarf virus. Abstr. TH26. In：Peters D C，Webster J A，Chlouber C S eds. Aphid-plant interactions-population to molecules. Program and abstracts of an OSU Centennial Event，12～17 August 1990，Stillwater，Oklahoma. Oklahoma State University

68 Halbert S E，Connelly B J，Feng M G. Occurrence of *Diuraphis*（*Holcaphis*）*frequens*（Walker）（Homoptera：Aphididae）on wheat，new to Idaho，and a key to North America *Diuraphis*. Pan-Pac. Entomol.，1992，68（1）：52～61

69 Kingdler S D，Hammon R W. Comparison of host suitability of western wheat aphid with Russian wheat aphid. J. Econ. Entomol.，1996，89（6）：1 621～1 630

70 Halbert S E，Stoetzel M B. Historical review of the Russian wheat aphid（Homoptera：Aphididae）. In Quisenberry S S，Peairs F B. eds. Proceedings：response model for an introduced pest—the Russian wheat aphid. Maryland：Tomas Say Publications in Entomology，Entomology Society of America，1998，12～30

RESEARCH ADVANCES OF RUSSIAN WHEAT APHID (HOMOPTERA: APHIDIDAE): DISTRIBUTION, ECONOMICAL IMPACT AND BIOLOGICAL CHARACTERS

Zhang Runzhi Liang Hongbin Zhang Guangxue
(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract The Russian wheat aphid (RWA), *Diuraphis noxia* (Mordvilko), has become a worldwide cereal pest with its dispersion to over 30 countries in this century. According to the natural history of its occurrence around the world, it is postulated RWA originated from western or central Asia. The aphid dispersed gradually to Europe and northern Africa, but its big jump across the ocean to North America is still a mystery. There are two overwintering strategies in RWA. The anholocyclic biotype, often reproducing earlier and more offsprings than the holocyclic one, has greater impact on crops in South Africa and United States. According to the experiments on its thermal response, RWA could withstand temperatures below −20℃, while temperatures above 30℃ would be harmful to its survival. The preference to colder condition may determine its distribution on the world. RWA has made great damages to cereal crops worldwide. It caused loss in crop yield by directly feeding on plant nutrition and disturbing the plant metabolism. But its status as plant virus transporter is open to question. By now, the aphid is still a serious pest in many countries and its invasion to more countries and areas maybe continues. Therefore, the research on its biological characteristics as well as its dispersion apparently needs to be enhanced in the future.

Key words Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* (Mordvilko)), dispersion, distribution, economic impact, thermal response